

Randdata från öppet hav till kustzonsmodellerna

Exemplet södra Östergötland

Jörgen Sahlberg



Författare:

Jörgen Sahlberg

Granskare:

Cecilia Ambjörn

Uppdragsgivare:

Bertil Håkansson

Granskningsdatum:

2005-03-21

Dnr:

Rapport

Rapportnr:

Oceanografi 79

Version:

<ver nr>

Randdata från öppet hav till kustzonsmodellerna

Jörgen Sahlberg

Uppdragstagare SMHI 601 76 Norrköping	Projektsvarig Jörgen Sahlberg 011-4958317 jorgen.sahlberg@smhi.se
Uppdragsgivare Bertil Håkansson SMHI	
Nyckelord Kustzonsmodell, horisontellt utbyte, uppvällning, dataassimilering	

Innehållsförteckning

1	SAMMANFATTNING	1
2	BAKGRUND.....	2
3	SYFTE	2
4	METODIK	3
4.1	Steg 1.....	3
4.2	Steg 2.....	4
4.3	Steg 3.....	5
5	RESULTAT.....	6
6	SLUTSATSER.....	23
7	REFERENSER	23

1 Sammanfattning

Syftet med detta projekt är att utveckla beräkningsmetoder som ger bättre randdata från utsjön till kustzonsmodellerna. Med randdata menas profiler från ytan till botten av de variabler som kustzonsmodellen behöver nämligen vattentemperatur (T), salthalt (S), syrgashalt (O_2), biologiskt icke aktivt organiskt kväve (orgN), biologiskt icke aktivt organiskt fosfor (orgP), nitrat (NO_3), ammonium (NH_4), fosfat (PO_4), växtplankton, djurplankton och detritus. Dessutom ska effekten av upp- och nedvällning testas i kustzonsmodellen.

Idén är att koppla Probe-Baltic (även kallad P13) modellen (Omstedt, 1990) med SMHIs biokemiska modell SCOBI (Marmefelt et al, 2000) och att assimilera mätdata i modellen för att få en så bra beskrivning som möjligt av förhållandena i Östersjön och västerhavet. Mätdata som ska assimileras i modellen extraheras ur databasen SHARK. Vid genereringen av en ny utsjödatafil till kustzonsmodellen för södra Östergötland assimileras mätstationen BY31 i SCOBI-P13 modellens nordvästra Gotlandsbassäng. Beräkningar görs för perioden 1985-01-01 – 2003-01-01 och resultatet av samtliga variablers profiler skrivs på en fil en gång/dygn. Dessa data utgör sedan den nya utsjödrivningen till kustzonsmodellen för södra Östergötland. Kustzonsberäkningar görs baserade på den nya utsjödatafilen och resultatet jämförs med de beräkningar som gjordes med den gamla utsjödatafilen som består enbart av mätdata från BY31 som har mätts med en frekvens av ca 1 gång/månad.

Resultatet från SCOBI-P13 beräkningarna med assimilation av mätdata visar att assimileringssmetoden ”nudging” (Lorenz et al, 1991) fungerar bra. Resultat i kustzonsberäkningarna för södra Östergötland blir något bättre då utsjödrivningen utgörs av SCOBI-P13 beräkningar med dataassimilation jämfört med att enbart använda mätdata från BY31. Den stora fördelen är dock att den nya beräknade utsjödrivningen innehåller randdata till kustzonsmodellens alla beräkningsvariabler. När enbart mätdata används som utsjödrivning saknas nämligen informationen om växtplankton, djurplankton och detritus. Rekommendationen blir därmed att SCOBI-P13 modellen bör användas, med dataassimilering, för att generera ett antal drivdatafiler från utsjön längs den svenska kusten. Dessa filer bör sedan användas för utsjödrivning av alla SMHIs kustzonsmodeller.

Parametriseringen av upp- och nedvällningen i de kustzonsbassänger som är kopplade mot utsjön är den samma som testades med bra resultat inom SMHIs första kustzonsprojekt i Hanöbukten. Idén är att låta utbytet mellan utsjön och en yttre kustzonsbassäng vara styrt inte bara av salthaltsskillnaden utan även av den vinddrivna transporten som genereras i de yttre kustzonsbassängerna. Den vinddrivna transporten genererar en vertikal cirkulation som antingen lyfter eller trycker ner haloklinen beroende på vindens riktning. Det är emellertid svårt att verifiera denna ansats då det oftast saknas mätdata i de yttre kustzonsbassängerna. Verifieringen får istället inrikta sig på att studera den effekt upp-och nedvällningen har på de kustnära bassänger där mätdata finns.

Det är helt klart att den testade parametriseringen av upp- och nedvällningen ger ett bättre resultat i både södra och norra Östergötland. Generellt sett ger den ett resultat som är i bättre överensstämmelse med mätningarna speciellt i bottenvattnet.

2 Bakgrund

En viktig faktor som påverkar SMHIs kustzonsmodeller är utbytet med utsjön. Dessa utsjödata består idag av mätdata från Argos. Problemet med att använda dessa data som randdata är

- att Argos mätprogram inte täcker den svenska kusten utan är koncentrerat till utsjöbassängerna
- att tidsupplösningen i mätningarna är dålig (normalt ca en mätning per månad)
- att kontinuitet i mätprogrammet saknas
- att alla, för kustzonsmodellen, nödvändiga variabler inte mäts varje gång
- att mätprogrammet saknar uppgifter om det som modellen betraktar som djurplankton och detritus

En möjlighet att få utsjödata med alla nödvändiga variabler med hög tidsupplösning är att beräkna dem med SCOBI-Probe modellen (Lindquist och Marmefelt 2003).

Idén är att använda Anders Omstedts Probe-Baltic modell, den sk P13-modellen, som beräknar temperatur och saltförhållanden i 13 havsbassänger från Kattegatt till Bottenviken. Till P13 kopplas SCOBI modellen. Eftersom P13 i dagsläget har en något grov vertikal upplösning i ytlagret (2m) måste denna ökas för att få en bra kvalitet på SCOBI beräkningarna. När kopplingen P13 och SCOBI fungerar väl kommer modellen att kunna generera drivdatafiler från utsjön till samtliga svenska kustzonsmodeller utom till modellen för norra Bohuslän eftersom P13 inte innehåller havsområdet Skagerrak. Ett sätt att generera en ny drivdatafil till norra Bohuslän är att sätta upp SCOBI-P13 i en fiktiv Skagerrakbassäng (=utan ränder) och assimilera in lämplig mätstation. Detta ger troligen en bättre drivdatafil till kustzonsmodellen för norra Bohuslän jämfört med att bara använda en mätstation. Detta kommer dock inte att utföras inom detta projekt då det under hösten framkommit att det troligen kommer att sättas upp en Skagerrak-Kattegatt modell under nästa år inom OSPAR. Kari Eilola har skrivit en rapport till Naturvårdsverket om hur en sådan modell bör se ut. Denna Skagerrak-Kattegatt modell kommer att kunna generera lämpliga randdata till kustzonsmodellerna längs hela Västerhavet. Därför är det klokt att avvakta byggandet av en enkel Skagerrak modell.

I kustzonsmodellen för södra Östergötland visar mätdata, utförda på uppdrag av Motala Ströms Vattenvårdsförbund, att det vid några tillfällen tränger in vatten med ovanligt hög salthalt i vissa kustbassängers djupvatten. Troligen beror detta på att det förekommer uppvällning längs kusten som påverkar inflödet från utsjön.

3 Syfte

Syftet är att utveckla beräkningsmetoder som ger bättre randdata från utsjön till kustzonsmodellerna. Med randdata menas profiler från ytan till botten av variablerna vattentemperatur, salthalt, syrgashalt, orgN, orgP, NO₃, NH₄, PO₄, växtplankton, djurplankton

och detritus. Dessutom ska effekten av upp- och nedvällningen parametreras och testas i kustzonsmodellen för södra Östergötland.

4 Metodik

Arbetet är uppdelat i följande tre steg.

Steg 1. Öka den vertikala upplösningen i Probe-Baltic modellen (P13 modellen). Inför nya rutiner för tillrinningen av näringsämnen som Elin Almroth beräknat utifrån Stålnackes kemidata. Elin Almroth har anpassat kemidata till den mätta månadstillrinningen av färskvatten som finns i P13 modellen.

Steg 2. Koppla SCOBİ till P13 modellen. Skriv program som genererar nya initialfiler till SCOBİ-P13 modellen. Initialfilerna ska innehålla alla variabler som ingår i Probe och SCOBİ modellerna inklusive de två organiska fraktionerna av kväve (orgN) och fosfor (orgP).

Idén är att assimilera in mätdata i SCOBİ-P13 modellen för att få en så bra beskrivning av verkligheten som möjligt. Data som ska assimileras extraheras ur databasen SHARK. Vid genereringen av en ny utsjödatafil till södra Östergötland assimileras mätstationen BY31 (Landsort) i P13s nordvästra Gotlandsbassäng. Modellberäkningar görs för perioden 1985-01-01 – 2004-01-01 och resultaten skrivs på en fil 1 gång/dygn. Dessa resultatdata utgör sedan den nya utsjödrivningen till kustzonsmodellen för södra Östergötland. Kustzonsberäkningar görs baserade på den nya utsjödatafilen och resultatet jämförs med beräkningar gjorda med den gamla utsjödatafilen som består enbart av mätdata från BY31.

Steg 3. Utveckla en modellrutin för beräkning av upp- och nedvällningseffekten. Denna rutin läggs in i de bassänger som har utbyte med utsjön. Kör kustzonsmodellen för södra Östergötland där upp- och nedvällningsrutinen är inkopplad resp. urkopplad och jämför resultaten.

4.1 Steg 1

P13 modellen, version 1.5, har satts upp och testkörts. Innan SCOBİ modellen kopplas ihop med P13 modellen har den vertikala upplösningen ökats i alla 13 bassänger. De nya celltjocklekarna är nu 0.5m i de översta 8 cellerna. Därefter kommer 36 st 1m celler, 15 st 2m celler, 10 st 3m celler, 10 st 4m celler, 10 st 6m celler och slutligen 6 st 10m celler. Detta täcker de översta 260m i Östersjön och Västerhavet. Notera att i NW Gotlandsbassängen, som innehåller Landsortsdjupet, går hypsografen endast till 250m djup trots att det verkliga djupet är 413m! Detta påverkar dock inte genereringen av en ny drivdatafil till kustzonsmodellen eftersom kustzonsbassängerna är grundare än 100m.

SCOBİ-P13 modellen är testkörd med det nya gridnätet och resultaten överensstämmer väl med ursprungsversionen.

4.2 Steg 2

SCOBİ modellen har kopplats ihop med P13. När det gäller tillförseln från land av näringsämnen uppstod ett problem. I P13 modellen används månadsmedelvärden på sötvattentillrinningen som ett värde till varje bassäng (finns från 1950 – 2002). De gamla bearbetade kemidata (Stålnackes data) ligger längs kuststräckor anpassade till HBV-Baltic modellen och är därmed inte anpassade till P13modellen. Det innebär att koncentrationen av närsalterna måste räknas om och anpassats till den nya sötvattentillrinningen. Elin Almroth har räknat om Stålnackes data så att de passar den nya tillrinningen. Hon har dessutom anpassat läsrutinen av både tillrinning och kemidata till P13.

Elin ändrade också i vattenståndsfilen som nu enbart innehåller data från Viken (i den gamla fanns även data från Hornbaek). Elin fann också ett fel i beräkningen av utbytet mellan Bottenhavet och Bottenviken ($\text{PHIN}(\text{ISB5}, \dots) = \dots$ i B12 där QBGULF nu har lagts till efter diskussion med Anders Omstedt).

Samtliga mätdata extraheras ur SHARK. De ska användas för att bättre initialisera fysiken och biokemin i P13 (för datumet 1985-01-01). Dessutom ska mätdata från BY31 i nordvästra Gotlandsbassängen användas i dataassimileringen för tidsperioden 1985-2003. De nya initialfilerna inkluderar nu SCOBİ variablerna NH_4 , NO_3 , PO_4 och O_2 samt de två variablerna orgN och orgP.

De mätstationer som används vid initialiseringen till resp. bassäng i P13 systemet anges i tabellen nedan.

Område	Mätstation
Basin 1 (Ka)	AnholtE
Basin 2 (Or)	Wlandskrona
Basin 4 (Ar)	By2
Basin 5 (Bh)	By5
Basin 6 (Go)	By15
Basin 7 (NW)	By31
Basin 10 (As)	SR5
Basin 11 (Al)	F64
Basin 12 (Bs)	SR5
Basin 13 (Bb)	F9

Efter diskussioner med Anders Omstedt, Kari Eilola och Lars Axell framkom att den enkla assimileringemetoden ”nudging” bör fungera tillfredsställande i SCOBI-P13 modellen. Nudging innebär att följande term adderas till källtermen för den variabel som ska beräknas,

$$\frac{\delta\theta_{ber}}{\delta t} = (\theta_{obs} - \theta_{ber}) / \tau$$

där θ_{ber} är variabeln som ska beräknas, θ_{obs} är observerade data och τ är den tidsskala som anpassningen ska ske över (i sek).

Tester visade att assimileringen fungerar bra när tidsskalan sätts till halva den tid som är mellan beräknad och observerad tid. Antag att beräkningen nått fram till 1988-03-28 och att datumet för nästa observation är 1988-04-18. Då blir τ 907 200 sek (=21 / 2 = 10,5 dagar). Tidsskalan kommer därmed att variera beroende på hur tätt observationerna ligger i tiden.

Arbetsgången med att ta fram observerade data (θ_{obs}) av god kvalitet är följande.

1. Först extraheras mätdata från en station ur SHARK. Ett beräkningsprogram läser dessa data och fyller i enstaka luckor med omgivande värden. Dessutom förkastas mätillfällen då profilerna innehåller data från 3 djup eller mindre. Programmet skriver ut data dels på en fysikfil (temperatur och salt) och dels på en biokemifil (O₂, PO₄, totalfosfor, NO₃, NH₄ och totalkväve). Det är mycket viktigt att manuellt gå igenom både fysikfilen och biokemifilen innan man kör SCOBI-P13 modellen. Manuellt förkastas också tidpunkter där profildata helt saknas samt när tidpunkten mellan två mätningar ligger för nära varandra i tiden. Kriteriet är att förkasta profiler som ligger mindre än 5 dagar från varandra. Skälet till detta är att modellens variabler måste få tid att anpassa sig till mätdata vid första tidpunkten innan mätdata vid nästa tidpunkt ska assimileras in! Uppdelningen i två filer innebär att fysikfilen kommer att innehålla fler tidpunkter med data än biokemifilen. Eftersom biokemidata innehåller mer luckor än fysikdata förkastas mer data ur biokemifilen.
2. När den manuella städningen av fysik och biokemifilen är klar interpoleras filerna till de djup som finns i den P13 bassäng där assimileringen ska ske. Detta görs för att underlätta beräkningen av källtermen $(\theta_{obs} - \theta_{ber}) / \tau$, eftersom θ_{obs} då kommer att finnas på samma djup som θ_{ber} .
3. Kör SCOBI-P13 modellen för perioden 1985-01-01 – 2004-01-01 med dataassimilering i bassängen NW Gotland. Resultatet från modellberäkningarna skrivs en gång per dygn på en fil. Innan denna fil kan användas som randdata till en kustzonsmodell måste den interpoleras till samma djup som finns i den djupaste bassängen i den aktuella kustzonsmodellen.

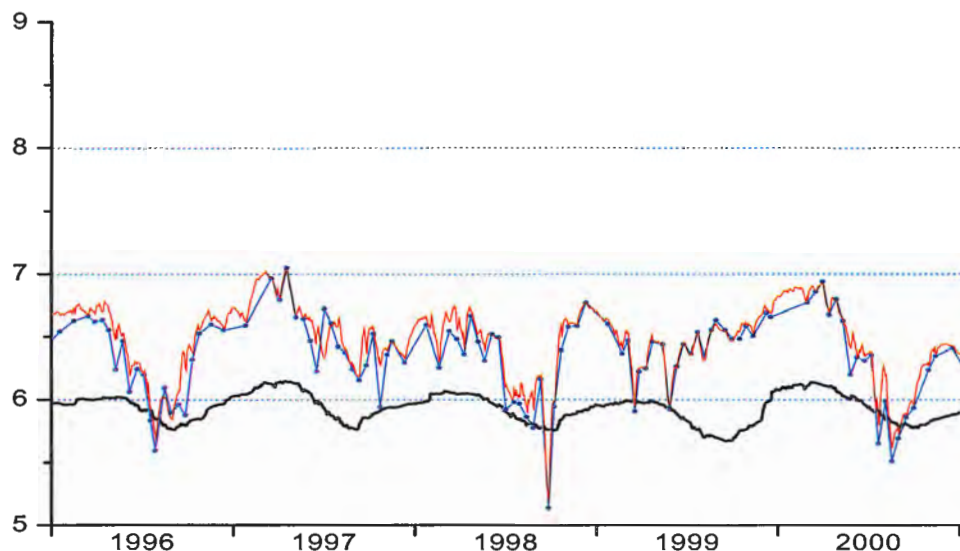
4.3 Steg 3

Parametriseringen av upp- och nedvällningen i de kustzonsbassänger som är kopplade mot utsjön är den samma som testades med bra resultat inom SMHIs första kustzonsprojekt i Hanöbukten. Idén är att låta utbytet mellan utsjön och en yttre kustzonsbassäng vara styrt inte bara av salthaltsskillnaden utan även av den vinddrivna transporten, som genereras i de yttre

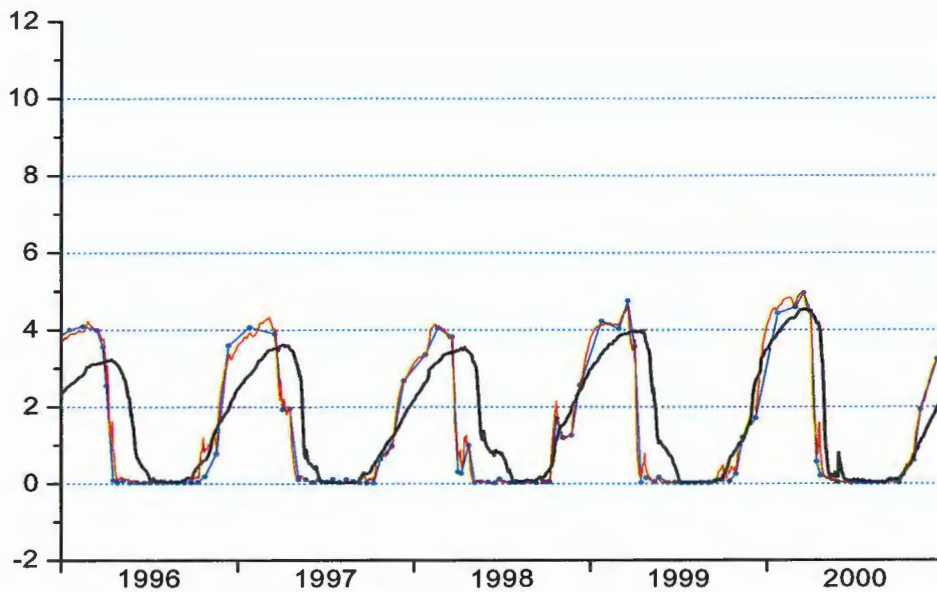
kustzonsbassängerna. Den vinddrivna transporten genererar en vertikal cirkulation som antingen lyfter eller trycker ner haloklinen beroende på transportens riktning. Det är emellertid svårt att verifiera denna ansats då det saknas mätdata i de yttre kustzonsbassängerna. Verifieringen får istället inrikta sig på den effekt upp- och nedvällningen har på de bassänger där mätdata finns, vilket oftast är i de kustnära bassängerna.

5 Resultat

Innan resultaten från kustzonsberäkningarna i södra Östergötland diskuteras visas först ett par resultat från assimilationsberäkningen i NW Gotlandsbassängen. I figur 1 visas salthalten i ytan och i figur 2 nitrathalten i ytan. Den goda överensstämmelsen mellan beräkningar och mätningar visar att assimilationsmetoden "nudging" fungerar utmärkt i SCOBIP13 modellen. Figur 1 visar också att beräkningen utan dataassimilation har en betydligt mindre variation i ytsalthalten jämfört med mätningarna samt att den ligger ca 0.5 psu för lågt.



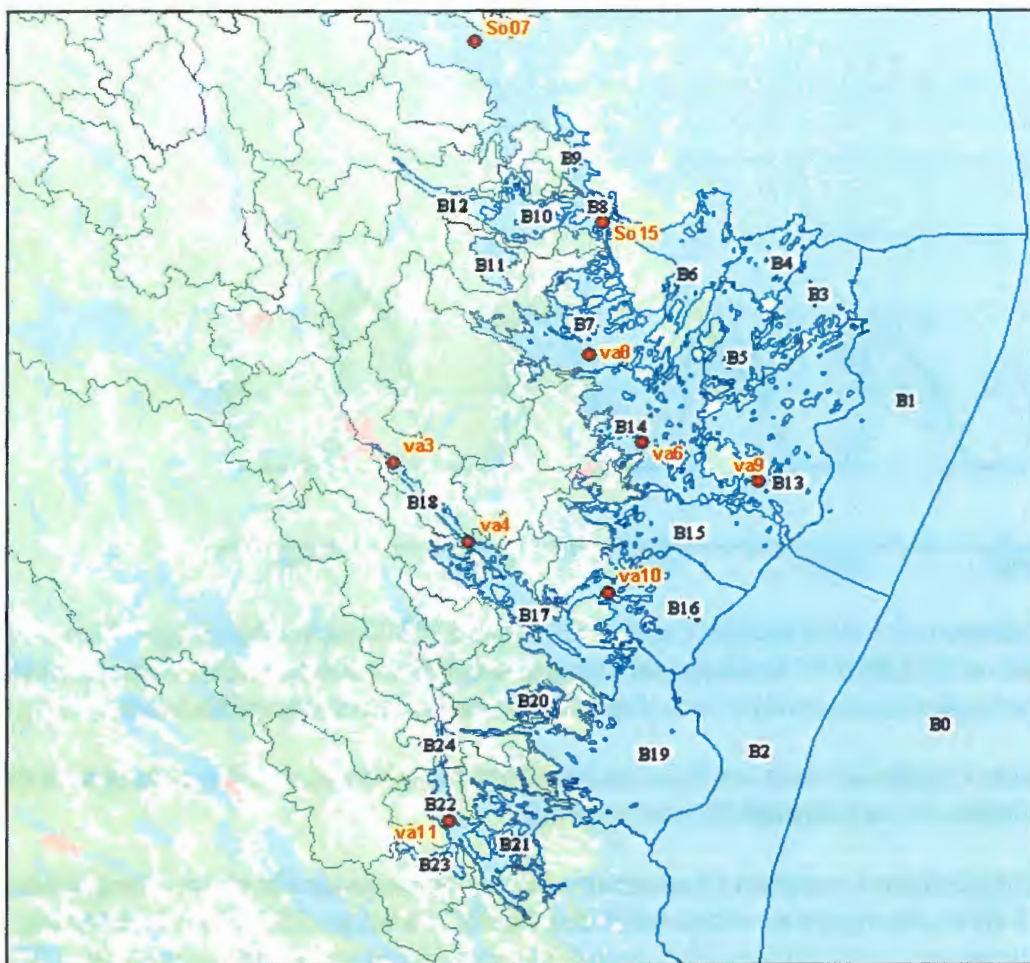
Figur 1. Beräknad och mätt salthalt (psu) i ytan i NW Gotlandsbassängen. Den svarta kurvan beskriver SCOBIP13 beräkningen utan assimilation av mätdata. Den röda kurvan är beräknad med assimilation av mätstation By31 och den blåa kurvan representerar mätdata från BY31.



Figur 2. Beräknad och mätt nitrathalt (mmol/m³) i ytan i NW Gotlandsbassängen. Den svarta kurvan beskriver SCOBIP13 beräkningen utan assimilation av mätdata. Den röda kurvan är beräknad med assimilation av By31 och den blåa kurvan representerar mätdata från BY31.

Den beräknade nitrathalten utan assimilation har samma amplitud som mätningarna men den når sitt maximum ett par månader för sent varje år.

Hur stor blir skillnaden i resultatet i kustzonsmodellens beräkningar för södra Östergötland då drivningen från utsjön utgörs av enbart mätdata från BY31 eller av SCOBIP13 beräknade data med dataassimilation? Med mätdata menas här variablerna temperatur, salt, NO₃, NH₄, totalkväve, PO₄, totalfosfor och syrgas medan SCOBIP13 beräknade data även innehåller variablerna växtplankton, djurplankton, detritus. Resultatet från beräkningarna visas för bassängerna 13 och 7 (se figur 3). Skälet till att visa resultat från dessa två bassänger är att de innehåller mätstationer samt att man får en beskrivning av hur förhållandena varierar från utsjön och in mot kusten. Maxdjupet i bassängerna 13 och 7 är 35m och 66m. I bassäng 7s bottenvatten uppstår de största avvikelserna från mätdata inom hela kustzonsmodellen för södra Östergötland. Förhoppningen är att via användningen av bättre utsjödata kunna minska dessa avvikelser. Resultatet från beräkningarna i bassäng 7 ges i figurerna 4, 5, 6, och för bassäng 13 i figurerna 7, 8 och 9. Figurerna visar både beräkningar och mätningar från bassängernas yt och bottenvatten för salthalt, nitrathalt, fosfathalt och syrgas.



Figur 3. Karta över kustzonsmodellen för södra Östergötland där samtliga bassänger är markerade med en siffra. Röda prickar och stationsnamn markerar de mätstationer som ingår i kustkontrollprogrammet.

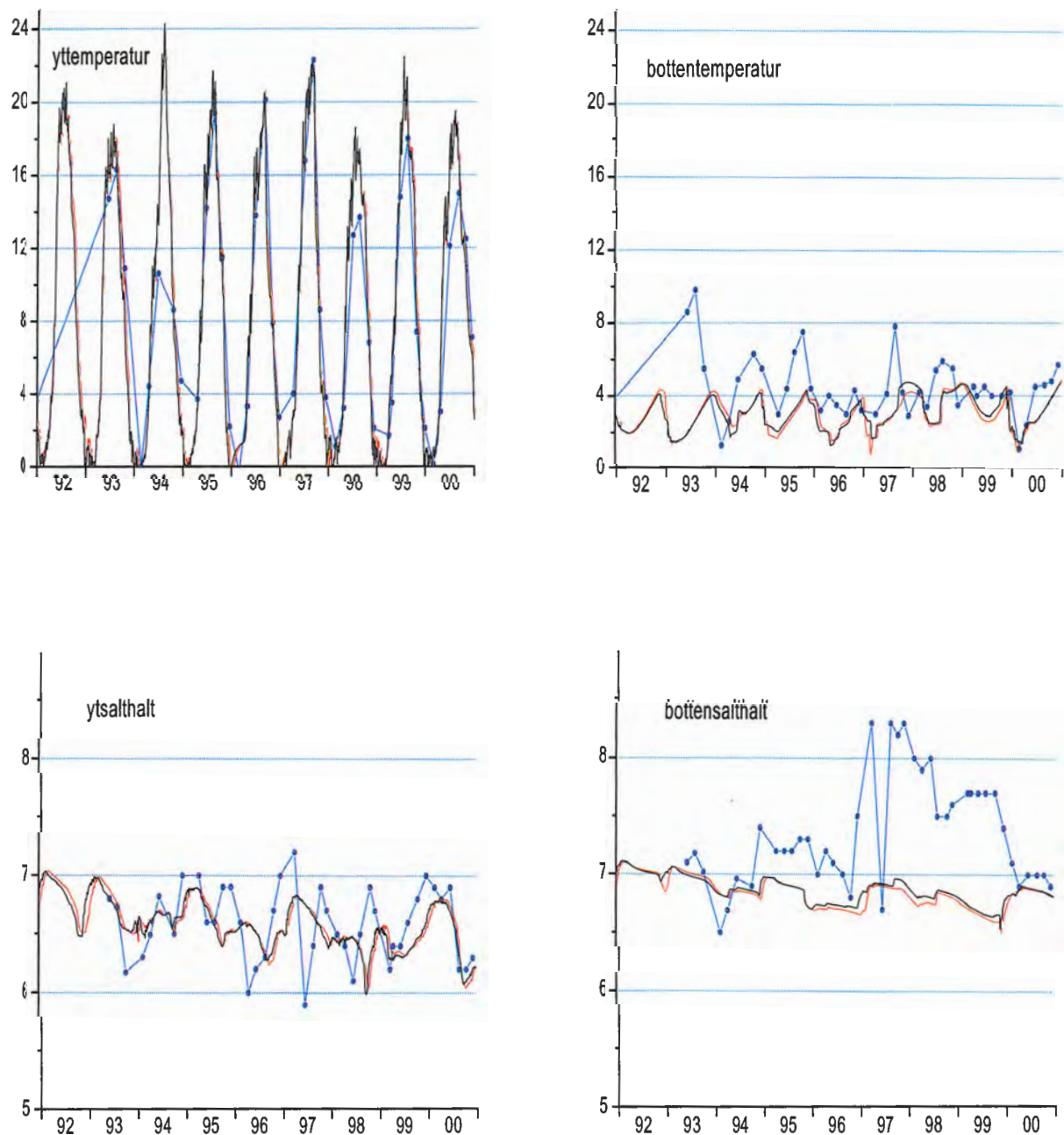
Modellberäkningarna där randdata från utsjön består av mätdata från BY31 kallas för modell A och i fallet där randdata utgörs av SCOBİ-P13 beräknade data (med dataassimilation) kallas i fortsättningen för modell B. I samtliga figurer som tillhör bassäng 7 och 13 beskrivs beräkningarna enligt modell A med en svart kurva och modell B med en röd kurva. Modellberäkningarna täcker perioden 1985-01-01 till 2001-01-01. Eftersom mätningarna endast görs i ytan och vid botten innehåller också figurerna yt och bottenvärden. Figurerna beskriver mätta och beräknade data från 1992 tom 2000. Denna period är vald eftersom det inte finns salthaltsmätningar före 1992.

Bassäng 7.

Temperatur och salthalt beskrivs i figur 4. Den beräknade ytemperaturen följer mätdata mycket bra i båda modellerna A och B. I bottenvattnet ligger mätdata några grader högre jämfört med båda beräkningarna. När det gäller ytsalthalten beskriver båda modellerna salthaltsvariationen bra trots en något större variation i mätningarna. Skälet till detta kan vara att i dagsläget tas ingen hänsyn till den sötvattenstransport som sker till norra Östergötland, från i första hand Motala Ström, även påverkar södra Östergötland. Dock existerar det större variationer i mätningarna. Bottensalthalten däremot skiljer sig mycket mellan beräkningar och

mätningar vilket diskuteras senare i denna rapport. Utifrån temperatur och salthaltsförhållanden i bassäng 7 går det inte att avgöra vilken av modellansatserna A eller B som ger bäst resultat. Speciellt på den längre tidsskalan ger båda modellansatserna så gott som samma resultat. På den korta tidsskalan, ca 1 mån, kan det dock vara relativt stora skillnader.

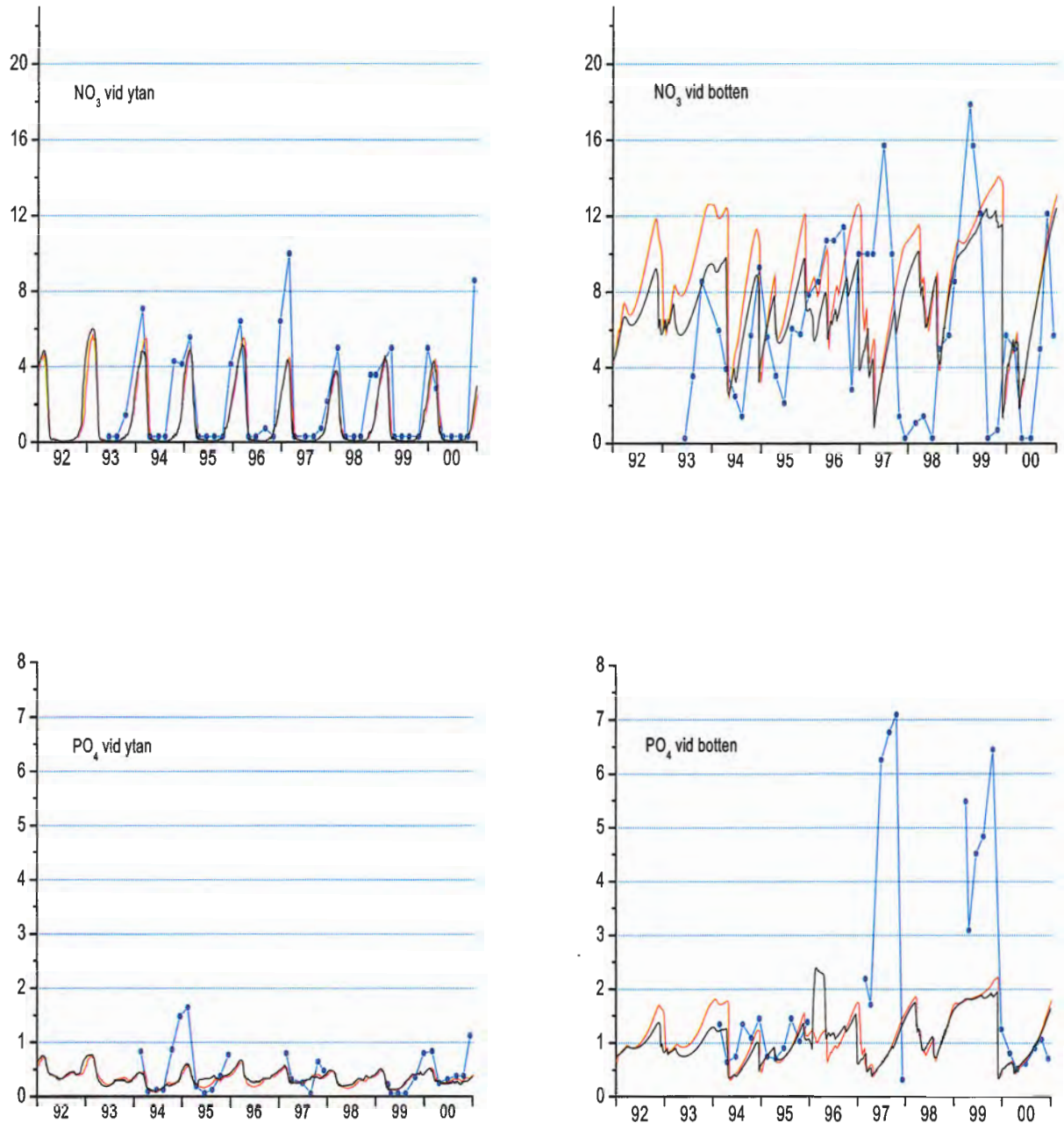
Bassäng 7



Figur 4. Beräknad och mätt temperatur (°C) och salthalt (psu) i bassäng 7 i södra Östergötland. Svart kurva är beräknad då utsjödata representeras av mätningar från BY31 och röd kurva då utsjödata består av beräknade data med SCOBIP13 modellen. Den blåa kurvan beskriver mätningar från station va8.

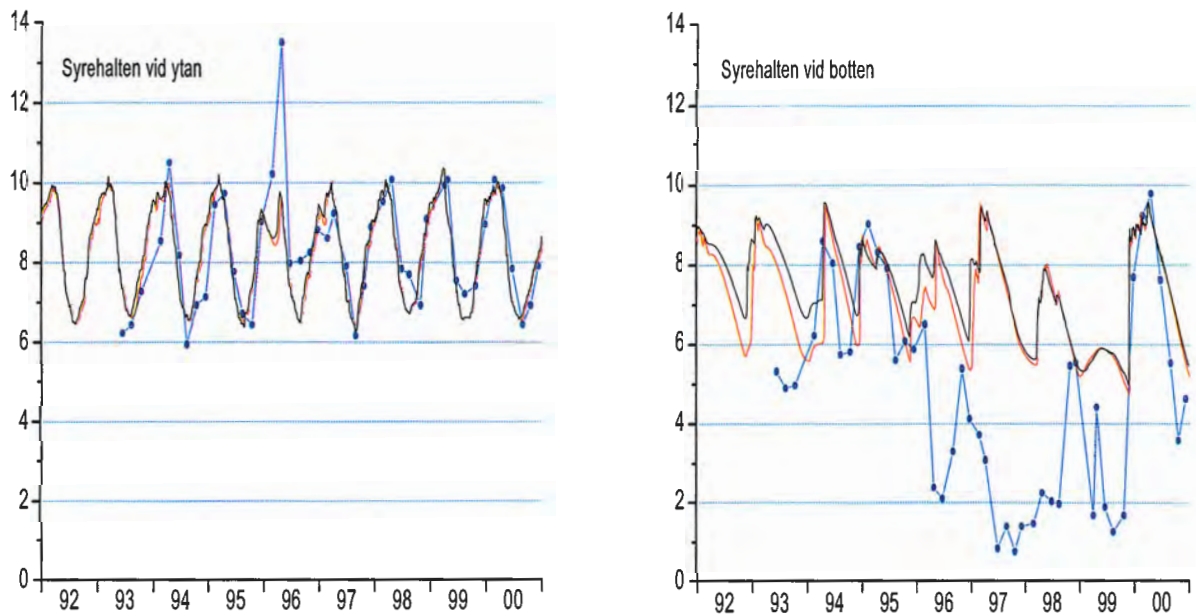
Beräkningarna av nitrat, fosfat och syreförhållanden visas i figurerna 5 och 6. Beräkningarna i ytan följer mätdata bra även om det höga nitratvärdet i början av 1997 och fosfatvärdena 1994-1995 inte fångas i modellerna. Det höga syrevärdet 1996 är orimligt och anses vara felaktigt. De stora skillnaderna mellan beräkningarna och mellan beräkningar och mätningar uppstår i bottenvattnet. Nitrathalten i båda modellansatserna följer varandra med den skillnad att modell B ger lite högre maxvärden än modell A vilket stämmer bättre i jämförelsen mot mätningarna. Samma sak gäller för fosfathalten vid botten dock är skillnaderna här mindre mellan modellerna. När det gäller syrehalten beskriver båda modellerna förhållandena under perioden 1996-1999 lika dåligt. Troligen beror de låga syrevärdena på att vatten med ovanligt hög salthalt kommer in till bassäng 7 under åren 1996 och 1997 och att förhållandena blir mer eller mindre stagnanta pga den starka skiktningen.

Bassäng 7



Figur 5. Beräknad och mätt nitrat och fosfathalt (mmol/m^3) i bassäng 7 i södra Östergötland. Svart kurva är beräknad då utsjödata representeras av mätningar från BY31 och röd kurva då utsjödata består av beräknade data med SCOBI-P13 modellen. Den blåa kurvan beskriver mätningar från station va8.

Bassäng 7



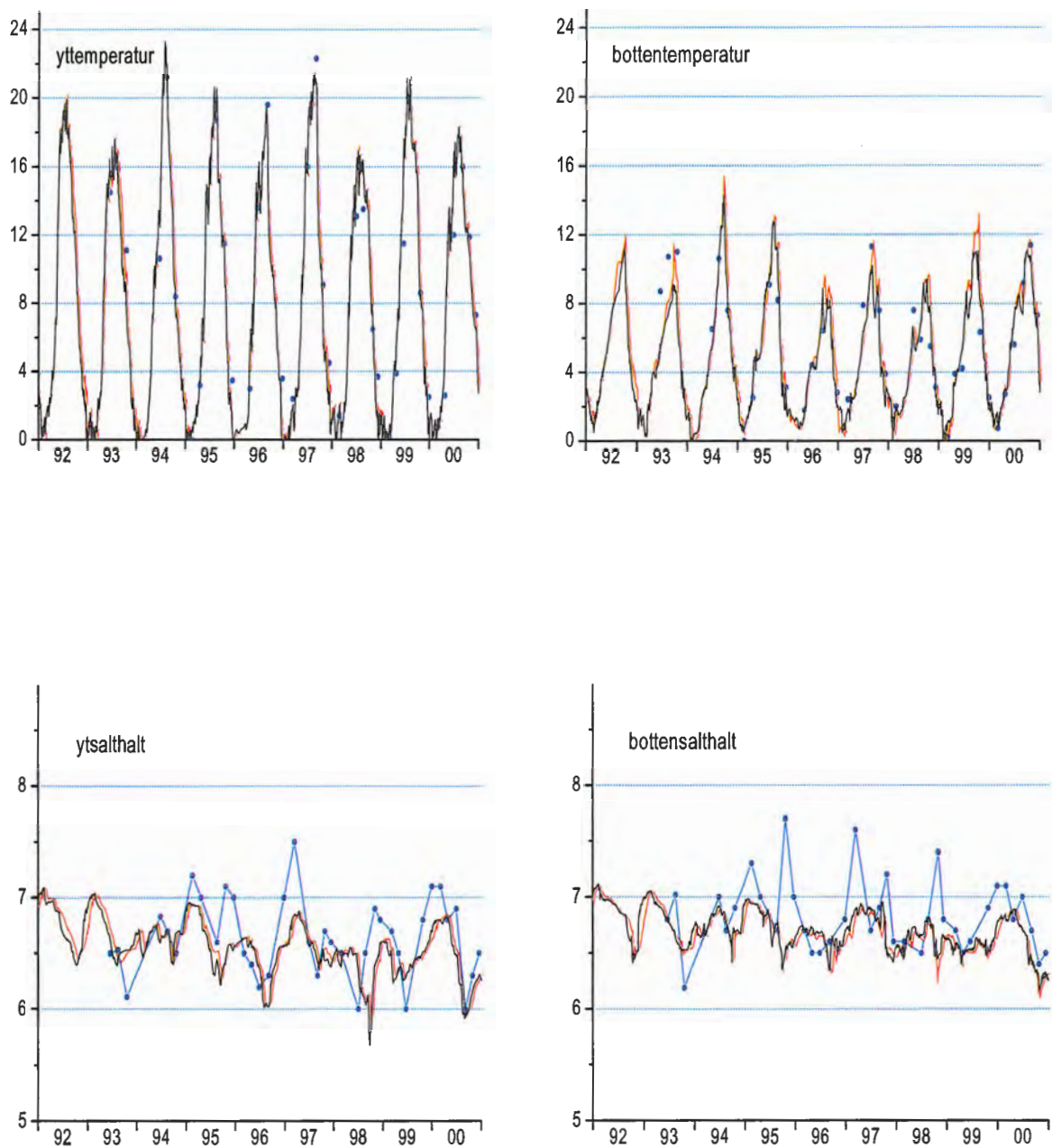
Figur 6. Beräknad och mätt syrgashalt (ml/l) i bassäng 7 i södra Östergötland. Svart kurva är beräknad då mätningar från BY31 representerar utsjödata och röd kurva då utsjödata är beräknade data med SCOBIP13 modellen. Den blåa kurvan beskriver mätningar från station va8.

Bassäng 13.

Temperatur och salthalt beskrivs i figur 7. Den beräknade ytemperaturen följer mätdata mycket bra i båda modellerna A och B. I bottenvattnet ligger däremot beräkningen enligt modell B närmare mätdata jämfört med modell A, se exempelvis maxvärdena åren 1993 och 1997. När det gäller den beräknade yt- och bottensalthalten är skillnaden försumbar mellan de två modellansatserna. Jämförelsen med mätningarna i ytvattnet visar på en tämligen god överensstämmelse dock ger beräkningarna något för låga värden samt att den mätta salthaltsvariationen är något större. Det troliga skälet till detta är samma som för bassäng 7 nämligen att i dagsläget påverkas inte södra Östergötland av förhållandena i norra Östergötland trots att utsjöbassängerna gränsar till varandra. Dock existerar det större variationer i mätningarna i bottenvattnet. Vid tre olika tillfällen når salthalten ca 7.5 psu vilket inte fångas av modellberäkningarna. Till skillnad från bassäng 7 byts det salta bottenvattnet ut betydligt snabbare i bassäng 13 vilket beror på att bassäng 13 helt saknar tröskel mot utsjön och att vattnets omsättningstid därmed blir kort.

Utifrån salthaltsförhållanden i bassäng 13 går det inte att avgöra vilken av modellansatserna A eller B som ger bäst resultat. Däremot blir botten temperaturen något bättre med modell B.

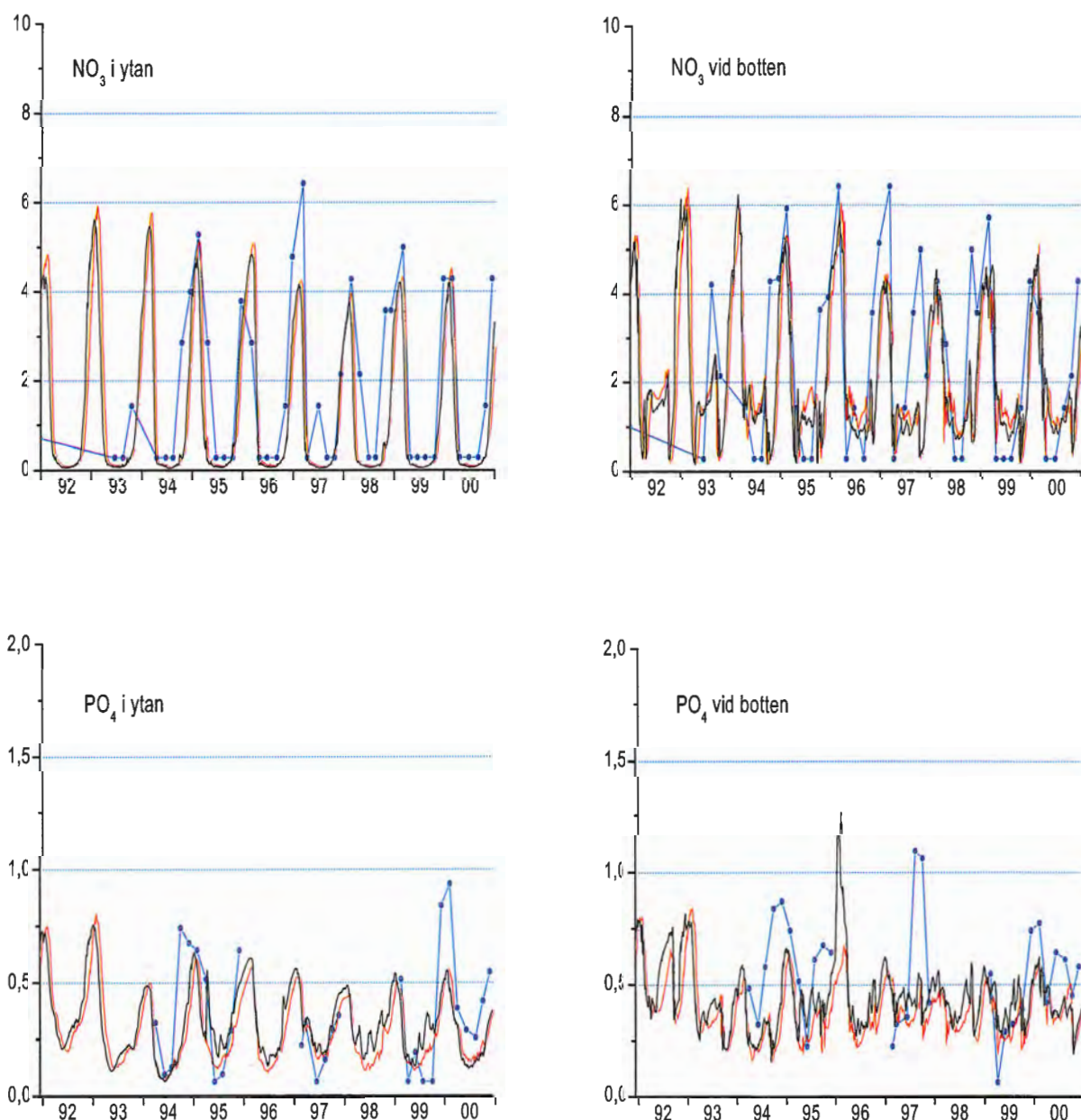
Bassäng 13



Figur 7. Beräknad och mätt temperatur (°C) och salthalt (psu) i bassäng 13 i södra Östergötland. Svart kurva är beräknad då utsjödata representeras av mätningar från BY31 och röd kurva då utsjödata består av beräknade data med SCOBIP13 modellen. Den blåa kurvan beskriver mätningar från station va9.

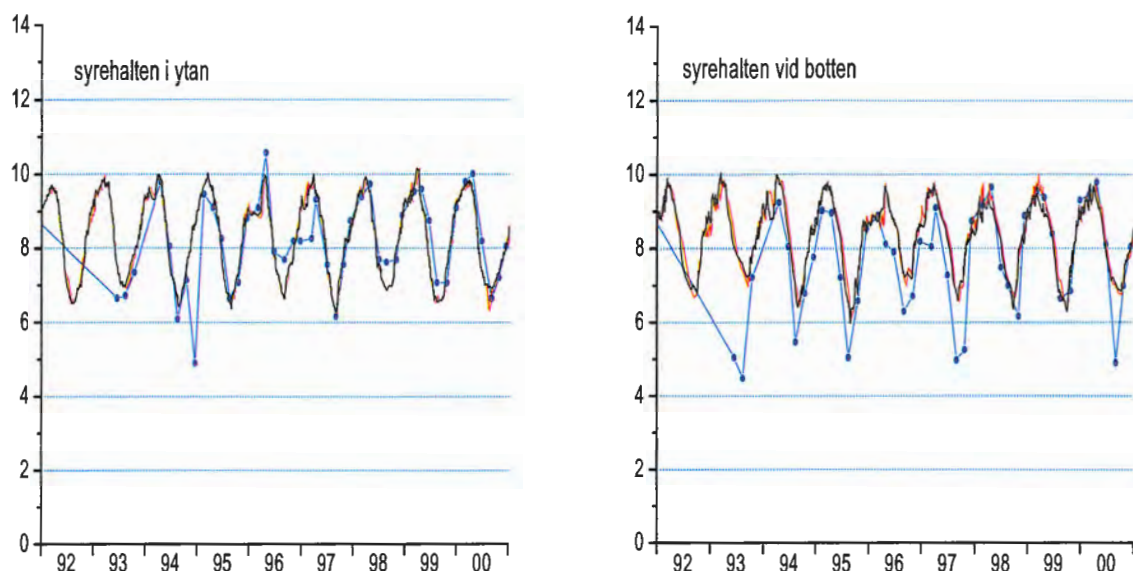
Båda modellansatsernas beräkningar av nitrat, fosfat och syreförhållanden visas i figurerna 8 och 9. Yt- och bottenvärdena följer mätdata bra även om det höga nitratvärdet i början av år 1997 och fosfatvärdena vid botten år 1997 samt i ytan år 2000 inte fångas i modellerna. När det gäller syrehalten beskriver båda modellansatserna mätningarna bra. Dock ligger mätningarnas minimivärden under flertalet år ett par ml/l lägre jämfört med beräkningarna. Det går inte att avgöra vilken modellansats som bäst beskriver mätdata i bassäng 13.

Bassäng 13



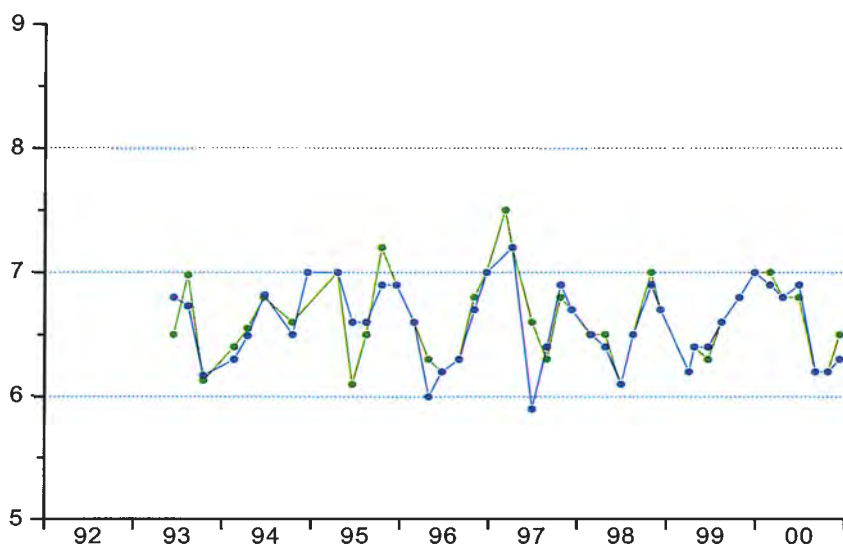
Figur 8. Beräknad och mätt nitrat och fosfathalt (mmol/m^3) i bassäng 13 i södra Östergötland. Svart kurva är beräknad då utsjödata representeras av mätningar från BY31 och röd kurva då utsjödata består av beräknade data med SCOBIP13 modellen. Den blåa kurvan beskriver mätningar från station va9.

Bassäng 13

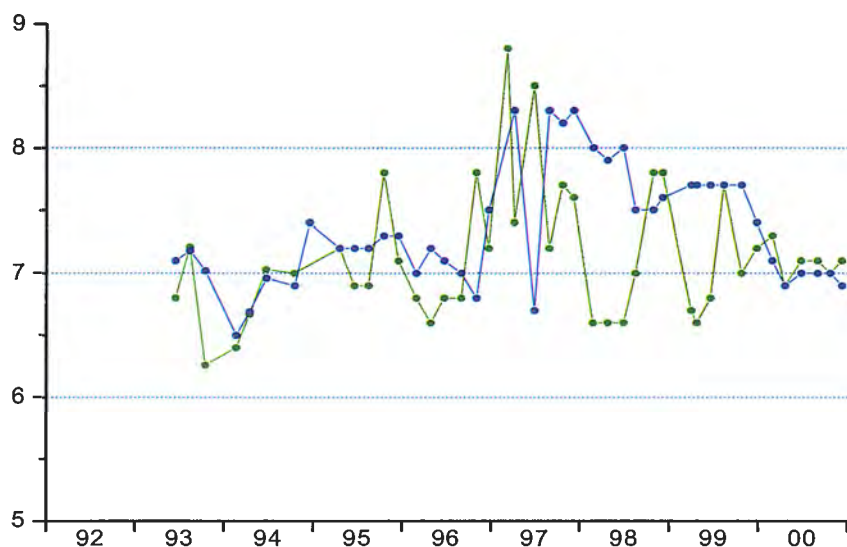


Figur 9. Beräknad och mätt syrgashalt (ml/l) i bassäng 13 i södra Östergötland. Svart kurva är beräknad då utsjödata representeras av mätningar från BY31 och röd kurva då utsjödata är beräknade data med SCOBIP13 modellen. Den blåa kurvan beskriver mätningar från station va9.

Som påpekats tidigare visar mätningarna i bassäng 7, i början av 1997, på en kraftig ökning i bottenhalt från drygt 7 till drygt 8 psu. Denna ökning har inte fångats i modellberäkningarna! Varifrån kommer detta salt? Är mätningarna korrekta? Enligt kartan i figur 3 gränsar bassäng 7 i första hand till bassäng 14. Sundet som förbinder dessa två bassänger är ca 35m djupt. Lyckligtvis finns mätningar i bassäng 14, station va6, som kan hjälpa till vid analysen av hur salthaltsökningen i bassäng 7 går till. Mätdata från båda bassängerna har plottats tillsammans och resultatet från visas i figur 10 a,b. Salthalten i ytan vid båda mätstationerna följer varandra väl och pendlar mellan 6 och 7 psu. I bottenvattnet sker den kraftiga salthaltsökningen först i bassäng 14. Därefter kommer ökningen i bassäng 7 vilket indikerar att det salta vattnet först fyller upp bottenpoolen i bassäng 14 innan det kan rinna över tröskeln in i bassäng 7. Den djupaste förbindelsen med utsjön till bassäng 14 går via bassäng 15 och bassäng 2. Tröskeln mellan bassäng 2 och 15 ligger på 45m djup vilket innebär att vatten med en salthalt på drygt 8.5 psu måste finnas i bassäng 2 på ett djup som är mindre än 45m för att det ska kunna rinna in i bassäng 15 för vidare transport mot bassängerna 14 och 7. En studie av det beräknade salthaltsförhållandet i bassäng 2 visar att salthalter över 8 psu endast förekommer i slutet av 1997 på djup större än 60m. Därför kan inte någon av modellerna A eller B transportera bottenvatten med hög salthalt in mot bassäng 7.

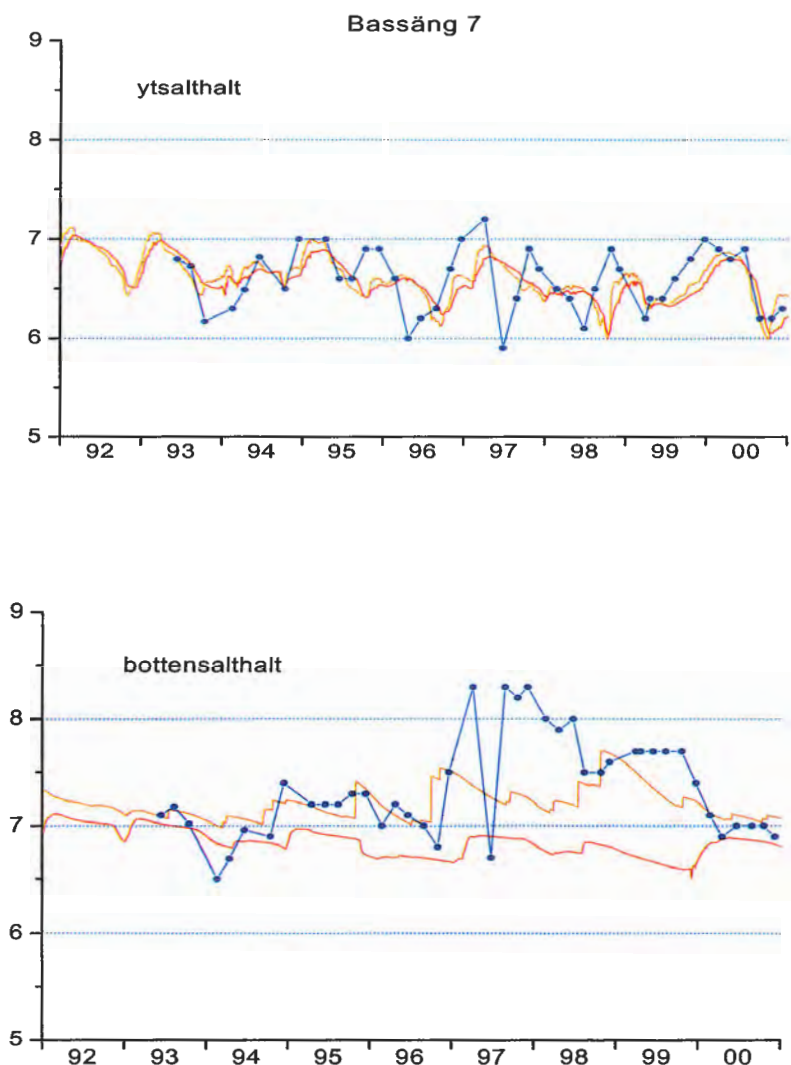


Figur 10a. Mätt ytsalthalt (psu) vid mätstationen va6 (bassäng 14), grön kurva och vid mätstation va8 (bassäng 7), blå kurva.



Figur 10b. Mätt bottensalthalt (psu) vid mätstationen va6 (bassäng 14), grön kurva och vid mätstation va8 (bassäng 7), blå kurva.

Kan saltvattensinbrottet år 1997 vara orsakat av en kraftig uppvällning i området mellan kustzonsmodellen och själva utsjön? För att testa detta infördes en rutin i kustzonsmodellen som beskriver den vinddrivna upp- och nedvällningen. Denna rutin infördes i de två yttre bassängerna B1 och B2. Nya beräkningar gjordes med uppvällningsrutinen inkopplad där utsjödning utgjordes av SCOBIP13 beräknade data. Resultatet av salthaltsberäkningen i bassäng 7 med och utan uppvällning visas i figur 11.



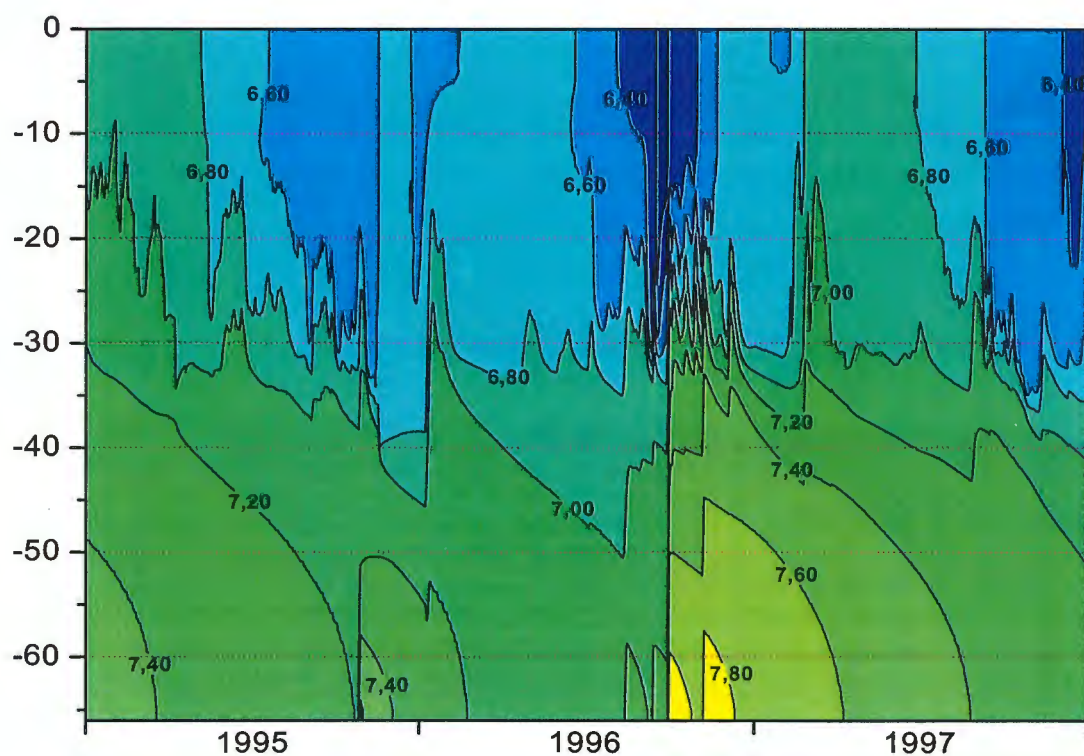
Figur 11. Beräknad och mätt salthalten (psu) i bassäng 7. Röd kurva är beräknad utan uppvällning och orange kurva är beräknad med uppvällning. Mätningar från station va8 representeras av den blåa kurvan.

Skillnaden mellan beräkningarna med och utan uppvällning är liten i ytan. Beräkningarna med uppvällning ger en något bättre överensstämmelse med mätningarna samt en något större säsongsmässig salthaltsvariation vilket också är i överensstämmelse med mätningarna. Det finns en tydlig skillnad mellan beräknade och mätta salthalter. Speciellt de låga värdena, se perioden 1996-1999, inträffar några månader tidigare i mätningarna jämfört med beräkningarna. Det finns ingen enkel förklaring till detta. Sötvattentillrinningen till bassäng 7 är liten med ett årsmedelvärde på $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Med flödestoppar som inte är större än $2\text{-}3 \text{ m}^3/\text{s}$ kan sötvattentillrinningen inte förklara de låga mätvärdena, speciellt inte tidpunkten när de inträffar.

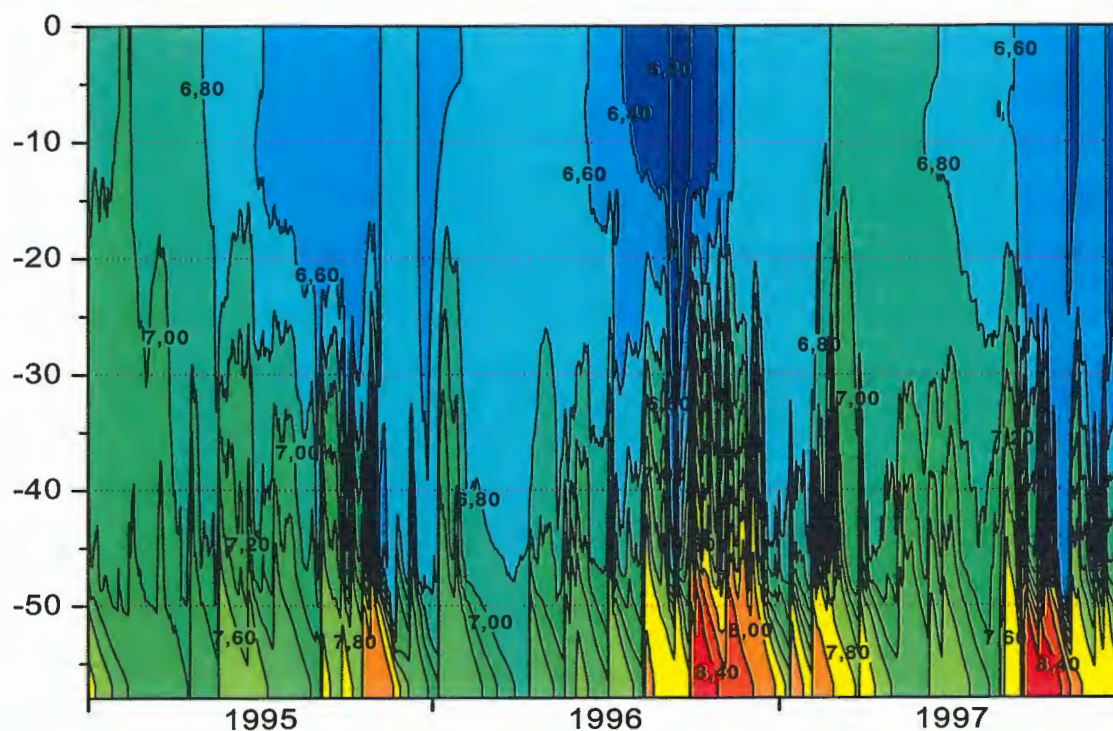
Till skillnad från ytan visar den beräknade salthalten i bottenvattnet på stora skillnader mellan de två fallen med och utan uppvällning. Beräkningen med uppvällning ger ett antal inflödestillfällen (salthaltsökningar) under perioden 1995 till 1999. Detta mönster syns också i mätningarna dock inte lika tydligt. Den stora salthaltsökningen som uppmäts i slutet av 1996 och början av 1997 har en salthalt i bottenvattnet på drygt 8 psu. Detta vatten byts ut mot

betydligt sötare vatten under mitten av 1997. Därefter flödar det återigen in vatten med en salthalt på drygt 8 psu. Under perioden 1998-2000 blandas bottenvattnet sakta ut för att slutligen nå värdet 7 psu. I beräkningarna med uppvällning når botten salthalten värden på drygt 7.5 psu. Trots att beräkningsresultatet inte är helt i överensstämmelse med mätningarna ger beräkningarna med uppvällning en klart bättre överensstämmelse än med fallet då beräkningarna gjordes utan uppvällning.

Ett annat sätt att visa hur den beräknade salthalten med uppvällning varierar i bassäng 7 är att plotta beräknade data i en sk isoplott som beskriver hur salthalten varierar i tiden på alla djup från ytan till botten. Figur 12 beskriver salthaltens variation i bassäng 7 från 1995 - 1997. Figur 13 beskriver samma sak för bassäng 14. Salthaltsförhållandet i bassäng 14 är sådant att i bottenvattnet sker en ökning av salthalten under den senare delen av de tre åren. Denna ökning beror på den uppvällning som sker i bassäng 2 som medför att salt bottenvatten flödar in till de inre liggande bassängerna. Salthaltsökningen är tillräckligt stor för att nå upp till och över 35 meters nivå vilket är sunddjupet mellan bassängerna 14 och 7. Därmed kan vatten med relativt hög salthalt strömma över till bassäng 7, vilket tydligt syns i figur 12 genom den salthaltsökning som sker i bottenvattnet i slutet av båda åren 1995 och 1996.



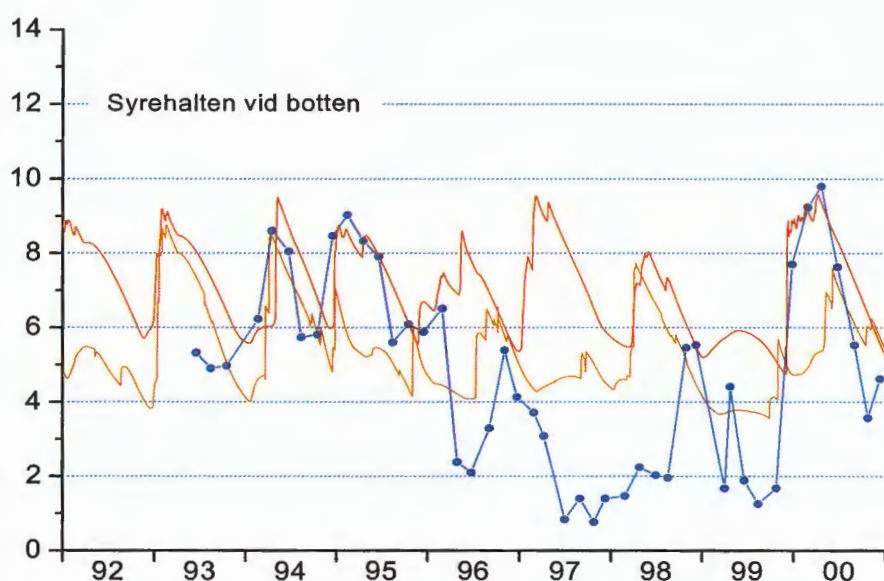
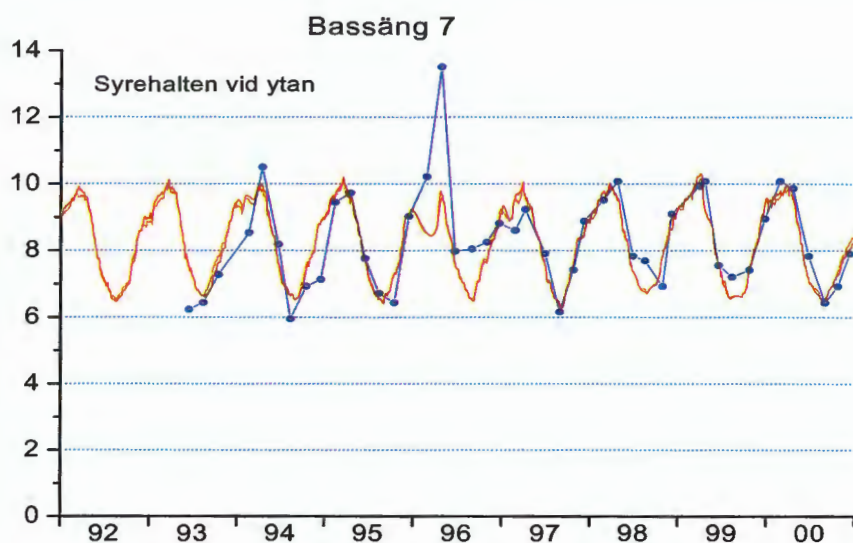
Figur 12. Salthaltens variation från ytan till botten i bassäng 7 för perioden 1995 till 1997.



Figur 13. Salthaltens variation från ytan till botten i bassäng 14 för perioden 1995 till 1997.

Påverkas även syrgasförhållandet i bottenvattnet i beräkningarna med uppvällning så att det mer liknar mätdata? I figur 14 finns beräknad och uppmätt syrgashalt vid ytan och botten. Eftersom uppvällningen främst påverkar bottenvattnet är skillnaden i syrgashalt mellan de två beräkningarna mycket liten vid ytan. Som väntat är överensstämmelsen mellan beräkningarna och mätdata mycket bra i ytan. Det beror på att syrgashalten i ytvattnet alltid ligger vid sitt mättnadsvärde vilket styrs av vattentemperaturen. Då vattentemperaturen i ytan är den bäst beskrivna variabeln i modellen blir också syrgasförhållandena i ytan väl beskrivna. Det höga avvikande mätvärdet i mitten av 1996 måste dock vara felaktigt! Så höga värden på syrgasförhållanden förekommer inte.

Syrgasförhållandet i bottenvattnet är betydligt mer komplext med stora skillnader mellan beräkningarna med och utan uppvällning. Under de första två åren med mätdata 1993-1995 följer beräkningen, utan uppvällning, mätdata på ett bra sätt. Efter det stora inflödet 1996-1997 sjunker syrgashalten till ca 1-2 ml/l. Under denna period beskrivs mätdata bäst av beräkningen med uppvällning. Överensstämmelsen är dock inte speciellt bra. Trots detta ger beräkningen med uppvällning en något bättre överensstämmelse jämfört med fallet utan uppvällning. Det är emellertid helt klart att beräkningen med uppvällning bättre beskriver salthaltsförhållandet i bassäng 7. Därmed bör skiktning och blandning också vara bättre beskriven då uppvällningsrutinen är inkopplad i modellen.

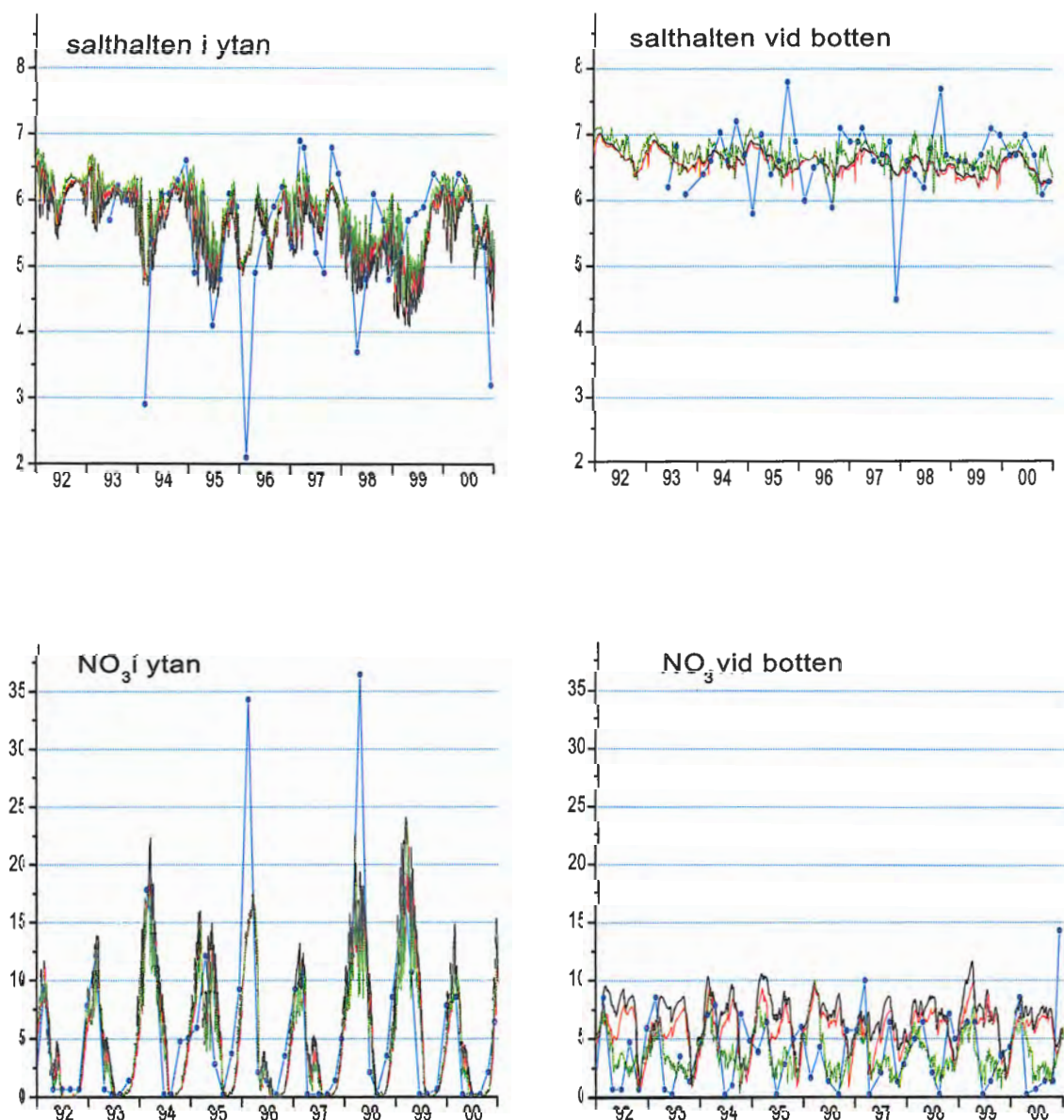


Figur 14. Beräknad och mätt syrgashalt i ytan och botten (ml/l) i bassäng 7. Röd kurva är beräknad utan uppvällning och orange kurva är beräknad med uppvällning. Mätdata från station va8 representeras av den blåa kurvan.

Kommer resultatet också att bli bättre i de andra kustzonsmodellerna när beräkningarna genomförs med nya beräknade randdata samt med uppvällningsrutinen inkopplad? För att få svar på denna fråga genomfördes tre olika beräkningar med kustzonsmodellen för norra Östergötland. Den första beräkningen gjordes utan uppvällning och med mätta randdata från station BY31. Den andra beräkningen gjordes också utan uppvällning men med SCOB-Probe beräknade randdata och den tredje beräkningen var som den andra men nu med uppvällning. Norra Östergötland innehåller 18 olika bassänger inom området Bråviken och Slätbaken samt

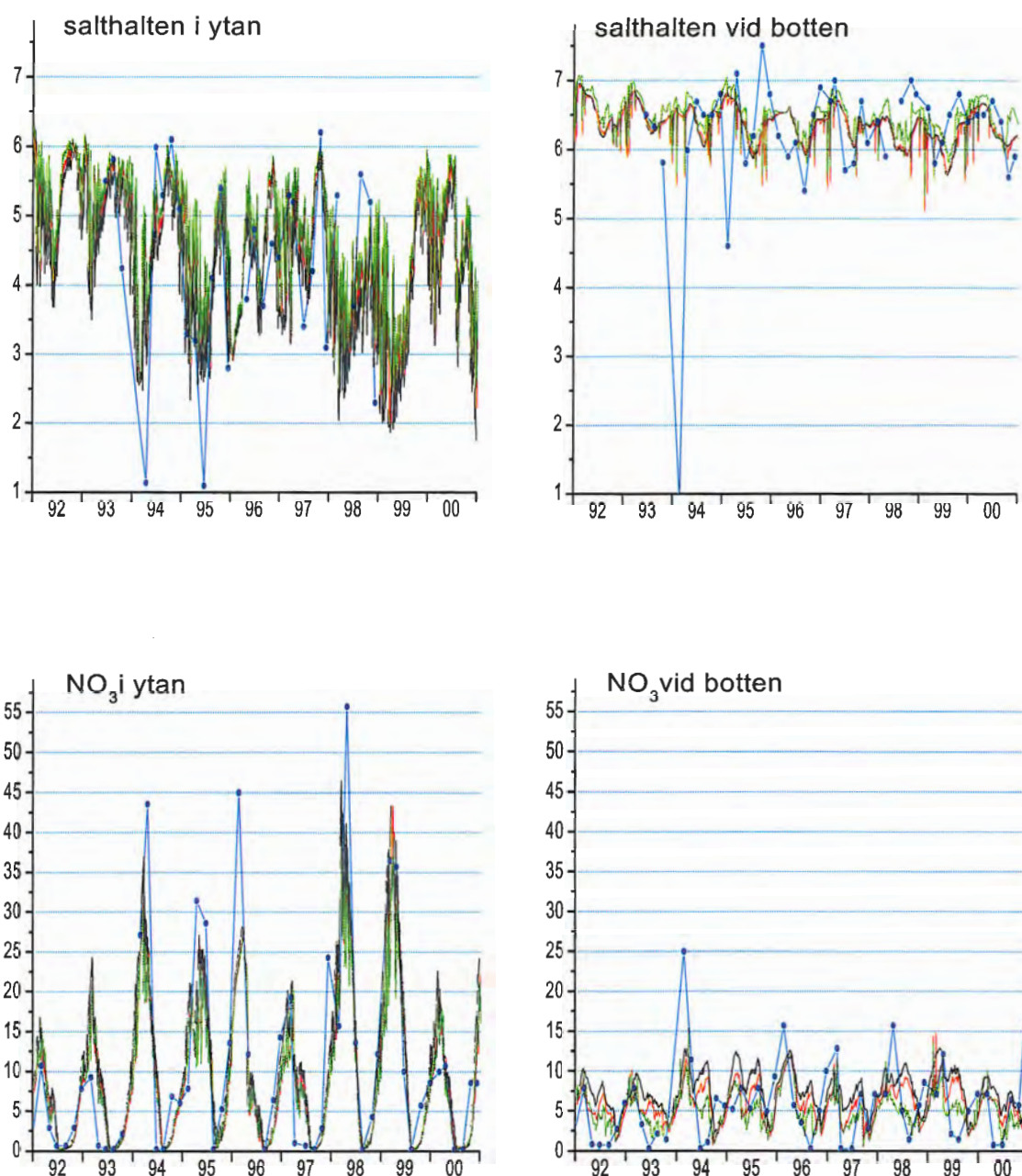
mellanliggande skärgårdsområde. Här visas resultaten från inre och yttre Bråviken för variablerna salthalt och nitrathalt, se figurer 15 och 16.

Bassäng 3



Figur 15. Beräknad och mätt salthalt (psu) och nitrathalt (mmol/m³) i ytan och botten i yttre Bråviken. Svart kurva beskriver beräkningen med mätta randdata från utsjön samt utan uppvällning. Röd kurva är beräknad utan uppvällning men med SCOB-Probe beräknade randdata från utsjön. Orange kurva är beräknad med uppvällning också med beräknade randdata. Mätdata från station va8 representeras av den blåa kurvan.

Bassäng 6



Figur 16. Beräknad och mätt salthalt (psu) och nitrathalt (mmol/m^3) i ytan och botten i inre Bråviken. Svart kurva beskriver beräkningen med mätta randdata från utsjön samt utan uppvällning. Röd kurva är beräknad utan uppvällning men med SCOB-Probe beräknade randdata från utsjön. Orange kurva är beräknad med uppvällning och med SCOB-Probe beräknade randdata. Mätdata från station va8 representeras av den blåa kurvan.

I både yttre och inre Bråvikens ytvatten är skillnaderna i både salthalt och nitrathalt liten mellan de tre olika modellansatserna. Skillnader uppstår däremot i bottenvattnet i båda bassängerna. För salthalten vid botten ger båda beräkningarna utan uppvällning så gott som samma resultat. Men då uppvällningen kopplas in kommer saltare vatten in längs botten i

Bråviken och beräkningarna stämmer bättre överens med mätdata. Denna effekt är ännu tydligare för nitrathalten vid botten där framför allt de låga halterna beskrivs betydligt bättre än tidigare. Slutsatsen blir att kustzonsberäkningarna i norra Östergötland blir bättre då uppvälningsrutinen är inkopplad.

6 Slutsatser

Slutsatsen kan sammanfattas i följande punkter.

- Assimilering av SHARK data i SCOBIP13 modellen via assimileringemetoden ”nudging” fungerar bra.
- Resultat i kustzonsberäkningarna för södra Östergötland blir något bättre då utsjödata drivningen utgörs av SCOBIP13 beräknade data med assimilering av mätstationen BY31 jämfört med att enbart använda mätdata från BY31. Dessutom är det en stor fördel att det finns randdata till alla beräkningsvariabler då utsjödrivningen utgörs av SCOBIP13 beräknade data. När mätdata används som utsjödrivning saknas information om växtplankton, djurplankton och detritus. Rekommendationen blir därmed att SCOBIP13 modellen bör användas, med assimilering, till att generera ett antal utsjödatafiler längs den svenska kusten för perioden 1985 till 2004. Dessa filer bör sedan användas i utsjödrivning av alla SMHIs kustzonsmodeller.
- Det är helt klart att när uppvälningsrutinen är inkopplad i modellen blir resultatet bättre i kustzonsmodellen för både södra och norra Östergötland. Generellt sett ger den ett bättre resultat för alla variabler i bottenvattnet och för några även i ytvattnet. Uppvälningsrutinen bör användas så att den kopplas in då mätningarna tydligt visar att det är sannolikt att uppvällning förekommer. Styrkan på den beräknade uppvällningen kan enkelt varieras så att inflödet av djupvatten kan kalibreras mot mätdata. Detta har dock inte testats i denna studie.

7 Referenser

Lorenc, A.C., Bell, R.S. and Macpherson, B. 1991. The Meteorological Office Analysis Correction data assimilation scheme. Quart. J. Roy. Met. Soc., 117, p 59-89.

Marmefelt, E., Håkansson, B., Erichsen, A.C. and Hansen, S. 2000. Development of an Ecological Model System for the Kattegat and the southern Baltic. SMHI rapport Oceanografi (RO) nr 29.

Omstedt, A., 1990. Modelling the Baltic Sea as thirteen sub-basins with vertical resolution. Tellus, 42A, 286-301.

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sex rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Rapport Meteorologi och Klimatologi)	1974
RH (Rapport Hydrologi)	1990
RO (Rapport Oceanografi)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985

I serien OCEANOGRAFI har tidigare utgivits:

- | | |
|--|--|
| 1 Lennart Funkquist (1985)
En hydrodynamisk modell för spridnings-
och cirkulationsberäkningar i Östersjön
Slutrapport. | 11 Cecilia Ambjörn (1987)
Spridning av kylvatten från Öresundsverket |
| 2 Barry Broman och Carsten Pettersson.
(1985)
Spridningsundersökningar i yttre fjärden
Piteå. | 12 Bo Juhlin (1987)
Oceanografiska observationer utmed sven-
ska kusten med kustbevakningens fartyg
1986. |
| 3 Cecilia Ambjörn (1986).
Utbyggnad vid Malmö hamn; effekter för
Lommabuktens vattenutbyte. | 13 Jan Andersson och Robert Hillgren (1987)
SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen
1986. |
| 4 Jan Andersson och Robert Hillgren (1986).
SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen
perioden 84/85. | 14 Jan-Erik Lundqvist (1987)
Impact of ice on Swedish offshore ligh-
touses. Ice drift conditions in the area at
Sydostbotten - ice season 1986/87. |
| 5 Bo Juhlin (1986)
Oceanografiska observationer utmed sven-
ska kusten med kustbevakningens fartyg
1985. | 15 SMHI/SNV (1987)
Fasta förbindelser över Öresund - utredning
av effekter på vattenmiljön i Östersjön. |
| 6 Barry Broman (1986)
Uppföljning av sjövärmepump i Lilla Vär-
tan. | 16 Cecilia Ambjörn och Kjell Wickström
(1987)
Undersökning av vattenmiljön vid utfyllna-
den av Kockums varvsbassäng.
Slutrapport för perioden
18 juni - 21 augusti 1987. |
| 7 Bo Juhlin (1986)
15 års mätningar längs svenska kusten med
kustbevakningen (1970 - 1985). | 17 Erland Bergstrand (1987)
Östergötlands skärgård - Vattenmiljön. |
| 8 Jonny Svensson (1986)
Vågdata från svenska kustvatten 1985. | 18 Stig H. Fonselius (1987)
Kattegatt - havet i väster. |
| 9 Barry Broman (1986)
Oceanografiska stationsnät - Svenskt Vat-
tenarkiv. | 19 Erland Bergstrand (1987)
Recipientkontroll vid Breviksnäs fiskodling
1986. |

- 20 Kjell Wickström (1987)
Bedömning av kylvattenrecipienten för ett
kolkraftverk vid Oskarshamnsverket.
- 21 Cecilia Ambjörn (1987)
Förstudie av ett nordiskt modellsystem för
kemikaliespridning i vatten.
- 22 Kjell Wickström (1988)
Vågdata från svenska kustvatten 1986.
- 23 Jonny Svensson, SMHI/National Swedish
Environmental Protection Board (SNV)
(1988)
A permanent traffic link across the
Öresund channel - A study of the hydro-en-
vironmental effects in the Baltic Sea.
- 24 Jan Andersson och Robert Hillgren (1988)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark
1987.
- 25 Carsten Peterson och Per-Olof Skoglund
(1988)
Kylvattnet från Ringhals 1974-86.
- 26 Bo Juhlin (1988)
Oceanografiska observationer runt svenska
kusten med kustbevakningens fartyg 1987.
- 27 Bo Juhlin och Stefan Tobiasson (1988)
Recipientkontroll vid Breviksnäs fiskodling
1987.
- 28 Cecilia Ambjörn (1989)
Spridning och sedimentation av tippat ler-
material utanför Helsingborgs hamnområde.
- 29 Robert Hillgren (1989)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark
1988.
- 30 Bo Juhlin (1989)
Oceanografiska observationer runt svenska
kusten med kustbevakningens fartyg 1988.
- 31 Erland Bergstrand och Stefan Tobiasson
(1989)
Samordnade kustvattenkontrollen i Öster-
götland 1988.
- 32 Cecilia Ambjörn (1989)
Oceanografiska förhållanden i Brofjorden i
samband med kylvattenutsläpp i Tromme-
kilen.
- 33a Cecilia Ambjörn (1990)
Oceanografiska förhållanden utanför Ven-
delsöfjorden i samband med kylvatten-ut-
släpp.
- 33b Eleonor Marmefelt och Jonny Svensson
(1990)
Numerical circulation models for the
Skagerrak - Kattegat. Preparatory study.
- 34 Kjell Wickström (1990)
Oskarshamnsverket - kylvattenutsläpp i
havet - slutrapport.
- 35 Bo Juhlin (1990)
Oceanografiska observationer runt svenska
kusten med kustbevakningens fartyg 1989.
- 36 Bertil Håkansson och Mats Moberg (1990)
Glommaälvens spridningsområde i nord-
östra Skagerrak
- 37 Robert Hillgren (1990)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark
1989.
- 38 Stig Fonselius (1990)
Skagerrak - the gateway to the North Sea.
- 39 Stig Fonselius (1990)
Skagerrak - porten mot Nordsjön.
- 40 Cecilia Ambjörn och Kjell Wickström
(1990)
Spridningsundersökningar i norra Kalmar-
sund för Mönsterås bruk.
- 41 Cecilia Ambjörn (1990)
Strömningsteknisk utredning avseende ut-
byggnad av gipsdeponi i Landskrona.
- 42 Cecilia Ambjörn, Torbjörn Grafström och
Jan Andersson (1990)
Spridningsberäkningar - Klints Bank.
- 43 Kjell Wickström och Robert Hillgren
(1990)
Spridningsberäkningar för EKA-NOBELS
fabrik i Stockviksverken.
- 44 Jan Andersson (1990)
Brofjordens kraftstation - Kylvattensprid-
ning i Hanneviken.
- 45 Gustaf Westring och Kjell Wickström
(1990)
Spridningsberäkningar för Höganäs kom-
mun.

- 46 Robert Hillgren och Jan Andersson (1991)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark 1990.
- 47 Gustaf Westring (1991)
Brofjordens kraftstation - Kompletterande simulering och analys av kylvattensspridning i Trommekilen.
- 48 Gustaf Westring (1991)
Vågmätningar utanför Kristianopel - Slutrapport.
- 49 Bo Juhlin (1991)
Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1990.
- 50A Robert Hillgren och Jan Andersson (1992)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark 1991.
- 50B Thomas Thompson, Lars Ulander, Bertil Håkansson, Bertil Brusmark, Anders Carlström, Anders Gustavsson, Eva Cronström och Olov Fäst (1992).
BEERS -92. Final edition.
- 51 Bo Juhlin (1992)
Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1991.
- 52 Jonny Svensson och Sture Lindahl (1992)
Numerical circulation model for the Skagerrak - Kattegat.
- 53 Cecilia Ambjörn (1992)
Isproppsförebyggande muddring och dess inverkan på strömmarna i Torneälven.
- 54 Bo Juhlin (1992)
20 års mätningar längs svenska kusten med kustbevakningens fartyg (1970 - 1990).
- 55 Jan Andersson, Robert Hillgren och Gustaf Westring (1992)
Förstudie av strömmar, tidvatten och vattenstånd mellan Cebu och Leyte, Filippinerna.
- 56 Gustaf Westring, Jan Andersson, Henrik Lindh och Robert Axelsson (1993)
Forsmark - en temperaturstudie. Slutrapport.
- 57 Robert Hillgren och Jan Andersson (1993)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark 1992.
- 58 Bo Juhlin (1993)
Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1992.
- 59 Gustaf Westring (1993)
Isförhållandena i svenska farvatten under normalperioden 1961-90.
- 60 Torbjörn Lindkvist (1994)
Havsområdesregister 1993.
- 61 Jan Andersson och Robert Hillgren (1994)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark 1993.
- 62 Bo Juhlin (1994)
Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1993.
- 63 Gustaf Westring (1995)
Isförhållanden utmed Sveriges kust - isstatistik från svenska farleder och farvatten under normalperioderna 1931-60 och 1961-90.
- 64 Jan Andersson och Robert Hillgren (1995)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark 1994.
- 65 Bo Juhlin (1995)
Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1994.
- 66 Jan Andersson och Robert Hillgren (1996)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark 1995.
- 67 Lennart Funkquist och Patrik Ljungemyr (1997)
Validation of HIROMB during 1995-96.
- 68 Maja Brandt, Lars Edler och Lars Andersson (1998)
Översvämningar längs Oder och Wisla sommaren 1997 samt effekterna i Östersjön.
- 69 Jörgen Sahlberg SMHI och Håkan Olsson, Länsstyrelsen, Östergötland (2000).
Kustzonsmodell för norra Östergötlands skärgård.
- 70 Barry Broman (2001)
En vågatlas för svenska farvatten.
- 71 *Vakant – kommer ej att utnyttjas!*
- 72 Fourth Workshop on Baltic Sea Ice Climate Norrköping, Sweden 22-24 May, 2002
Conference Proceedings
Editors: Anders Omstedt and Lars Axell

- 73 Torbjörn Lindkvist, Daniel Björkert, Jenny Andersson, Anders Gyllander (2003)
Djupdata för havsområden 2003
- 74 Håkan Olsson, SMHI (2003)
Erik Årnefelt, Länsstyrelsen Östergötland
Kustzonssystemet i regional miljöanalys
- 75 Jonny Svensson och Eleonor Marmefelt (2003)
Utvärdering av kustzonsmodellen för norra Östergötlands och norra Bohusläns skärgårdar
- 76 Elenor Marmefelt, Håkan Olsson, Helma Lindow och Jonny Svensson, Thalassos Computations (2004)
Integrerat kustzonssystem för Bohusläns skärgård
- 77 Philip Axe, Martin Hansson och Bertil Håkansson (2004)
The national monitoring programme in the Kattegat and Skagerrak
- 78 Lars Andersson, Nils Kajrup och Björn Sjöberg (2004)
Dimensionering av det nationella marina pelagialprogrammet



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 NORRKÖPING
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01

